Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Sezione Operativa Periferica di Gorizia

MARIA VISINTINI ROMANIN

La concimazione con ammoniaca anidra

I. Controllo delle perdite di azoto nella concimazione di pieno campo

Estratto da « Agricoltura delle Venezie »
Anno XXXIII - n. 5 - 1979

Tipoffset Gasparoni - Venezia

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Sezione Operativa Periferica di Gorizia

MARIA VISINTINI ROMANIN

La concimazione con ammoniaca anidra

I. Controllo delle perdite di azoto nella concimazione di pieno campo

Estratto da « Agricoltura delle Venezie »
Anno XXXIII - n. 5 - 1979

Tipoffset Gasparoni - Venezia

LA CONCIMAZIONE CON AMMONIACA ANIDRA

I. Controllo delle perdite di azoto nella concimazione di pieno campo

L'ammoniaca anidra è il concime semplice a più alto titolo di azoto (82.2 per cento di N.) Viene conservata e trasportata allo stato liquido (alla pressione di 8-10 atm.) e iniettata nel terreno come gas alla profondità di cm 15 o più in righe a distanza variabile con applicatori provvisti di una serie di ugelli. Richiede l'uso di speciali attrezzature ed è soggetta alle norme di sicurezza per i gas tossici

Nel terreno il gas reagisce immediatamente con l'acqua e gli ioni ammonio che si formano si comportano come gli ioni ammonio di qualsiasi altro concime azotato: vengono fissati dai colloidi del terreno secondo meccanismi chimici o fisici o combinazioni di questi.

La diffusione dell'ammoniaca nel terreno dipende dalla quantità iniettata, dalla natura del terreno (tessitura, struttura, porosità, contenuto di sostanza organica, capacità di scambio dei materiali argillosi, pH, ecc.) dallo stato di umidità, dalla temperatura, dalle lavorazioni del terreno stesso, dalla distanza degli ugelli iniettori e dalla profondità di distribuzione.

Generalmente si ritiene che l'ammoniaca diffonda, in condizioni ideali di umidità e di profondità, per un raggio di 8-12 cm dal punto di iniezione secondo la forma di un cilindro, senza perdite quando la fenditura aperta dal dente dell'ugello iniettore si richiude naturalmente.

Perdite di azoto per volatilizzazione si possono verificare, anche in quantità rilevanti, in diverse situazioni, quali ad esempio:

— con impiego di dosi di ammoniaca troppo elevate per la zona di terreno interessata,

— con l'iniezione troppo superficiale,

— con elevato grado di umidità del terreno per cui la fenditura aperta dal dente dell'ugello stenta a richiudersi naturalmente.

— con terreno troppo asciutto per cui l'ammoniaca si diffonde troppo rapidamente,

— in condizioni di elevata evaporazione dell'umidità del terreno e simultanea evaporazione di ammoniaca,

— con terreno particolarmente ricco di scheletro grossolano.

Sulle perdite di azoto per volatilizzazione, nella concimazione con ammoniaca anidra, esistono nella letteratura numerose indagini di laboratorio. Limitatissime invece sono le ricerche svolte direttamente in pieno campo (2) (9).

D'altra parte le ricerche di campo anche se necessariamente meno precise, hanno tuttavia indiscutibilmente una portata pratica immediata maggiore.

Si è ritenuto perciò opportuno di impostare alcune indagini atte a controllare le perdite di ammoniaca e la distribuzione dell'ammonio nel terreno in seguito a una concimazione con ammoniaca anidra in pieno campo, ponendo come varianti di prova la tessitura del terreno, il grado di umidità del terreno e la profondità di iniezione.

I controlli delle perdite sono stati effettuati con particolari modalità, descritte qui di seguito, atte a campionare l'aria immediatamente al di sopra del terreno trattato.

I risultati delle ricerche finora attuate vengono illustrati nella presente nota.

Materiali e metodi

Le prove sono state eseguite in pieno campo in due località su due tipi di terreno:

Pradamano (Udine): terreno acalcareo ferrettizzato tendente all'argilloso
Aquileia (Udine): terreno calcareo tendente al sabbioso

Pradamano: terreno praticamente privo di scheletro e di calcare, con tessitura di medio impasto tendenzialmente argillosa, a reazione neutra, non molto dotato di azoto totale e di sostanze organiche umificate, con capacità di scambio cationico non elevata, povero di anidride fosforica di riserva accessibile (solub. in acidi concentr.) piuttosto povero di anidride

Prospetto 1

Caratteristiche fisiche e agrochimiche dei terreni in prova

		Pradamano		Aquileia	
		0-25	25-50	0-25	25-50
Sulla terra secca all'aria:					
scheletro		ass.	ass.	pratic.	ass.
Sulla terra fina secca all'aria:					
sabbia (diam. da 1 a 0.02 mm)	%	52.50	53.37	67.17	67.65
limo (diam. da 0.02 a 0.002 mm)	%	25.30	23.70	20.90	19.90
argilla (diam. < a 0.002 mm)	%	22.20	22.93	11.93	12.45
stabilità di struttura (met. Yoder)		26	25	28	28
densità apparente	g/ml	1.4	1.5	1.3	1.3
densità reale	"	2.52	2.50	2.46	2.42
porosità totale	%	44	40	48	46
pH in H_2O (rapp. 1:2.5)		7.42	7.54	7.70	7.75
pH in KCl 1N (rapp. 1:2.5)		6.80	6.84	7.12	7.24
calcare totale	%	ass.	tr.	34.1	34.4
N totale (met. Kjeldahl)	%	0.184	0.166	0.289	0.250
$N-NH_4$ scambiabile	mg/kg	1.20	1.08	2.33	1.65
C organico (met. Walkley-Black)	%	1.17	1.17	1.67	1.48
C/N (*)		8.5	9.4	7.7	7.9
Humus (da C org. x 1.724)	%	1.52	1.52	2.16	1.92
C.S.C. (in acetato di NH_4 a pH 7)	me/100g	18.5	19.3	15.7	14.2
saturazione igroscopica (**)	%	5.76	6.12	4.03	3.72
umidità equivalente (**)	%	38.72	41.76	30.74	29.38
saturazione idrica massima (**)	%	53.43	57.63	41.26	39.60
P_2O_5 solub. in HNO_3 conc. boll.	%	0.084	0.083	0.078	0.063
P_2O_5 assim. (met. Morgan-Peech)	mg/kg	9.5	8.5	17.5	16.0
P_2O_5 assim. (met. Kurtz-Bray sec. Dupuis)	mg/kg	28.0	22.8	30.4	30.1
K_2O solub. in HCl conc. boll.	%	0.200	0.220	0.100	0.080
K_2O assim. (met. Morgan-Peech)	mg/kg	23.7	23.7	50.0	10.0
K_2O scamb. (met. Salay-Attoe--Truog)	mg/kg	93.0	93.0	68.0	52.3

(*) Calcolato da C Walkley-Black x 1.33
(**) Riferito a % di peso secco a 105°

fosforica assimilabile, mediamente dotato di ossido di potassio di riserva e assimilabile.

Aquileia: terreno decisamente calcareo, privo di scheletro, con tessitura di medio impasto prevalentemente sabbiosa, a reazione subalcalina, ben dotato di azoto totale, non molto dotato di sostanze organiche umificate, con capacità di scambio cationico totale piuttosto bassa, molto povero di anidride fosforica e di ossido di potassio di riserva accessibile (solub. in acidi concentr.), scarsamente dotato di anidride fosforica e ossido di potassio assimilabili.

Le analisi del terreno sono state eseguite coi seguenti metodi: granulometria della terra fina per sedimentazione col metodo alla pipetta previa dispersione sodica; pH in H_2O e in KCl 1N (rapp. 1:2.5) per via potenziametrica; calcare totale da CO_2 liberata con HCl dil. a caldo; N totale col metodo Kjeldahl; N-NH_4 scambiabile con KCl 2N; C organico col metodo Walkley-Black; capacità di scambio cationico totale con acetato di ammonio a pH 7; saturazione igroscopica (coefficiente igroscopico) in ambiente saturo d'acqua con soluzione 2 per cento di H_2SO_4; umidità equivalente per centrifugazione a 1000 g; saturazione idrica massima sec. Duchaufour; anidride fosforica solubile in acido nitrico concentrato e bollente secondo Lorenz; anidride fosforica assimilabile col metodo Morgan-Peech e col metodo Kurtz-Bray secondo la tecnica di Dupuis e determinazione ceruleomolibdimetrica; ossido di potassio solubile in acido cloridrico concentrato e bollente; ossido di potassio assimilabile col metodo Morgan-Peech e determinazione per sedimetria con cobaltinitrico sodico; potassio scambiabile col metodo Seay-Attoe-Truog e determinazione per fotometria di fiamma.

Per ottenere due diversi gradi di umidità nei terreni degli appezzamenti di prova si è fatto ricorso alla copertura di un'area di m. 10 x 5 mediante un telone di politene che nei 20 giorni precedenti l'esecuzione delle prove veniva rimosso a seconda dell'andamento delle precipitazioni. Le differenze di umidità ottenute sono state di 4 unità percentuali nel campo di Pradamano (17 per cento e 21 per cento) e di 5 unità percentuali nel campo di Aquileia (16 per cento e 21 per cento).

La somministrazione dell'ammoniaca è stata eseguita con la così detta tecnica del « concime reso radice » dalla Ditta Montedison con speciali applicatori provvisti di ugelli distanti fra loro circa 30 cm, in ragione di

300 Kg/ha di NH_3 anidra all'82 per cento di N (pari a circa 250 Kg/ha di N).

La barra di circa m 4.5 portava 13 coltelli con relativi ugelli.

Sono state messe in prova due profondità di iniezione: a 15 cm e a 25 cm.

Le perdite di ammoniaca sono state controllate per mezzo di apposite « trappole » costituite da vaschette di plastica (cm 45 x 30, alte cm 11) sul cui fondo era stato applicato uno spesso strato di carta da filtro imbevuta con una soluzione 4N di H_2SO_4 (con tale concentrazione la carta non diventa fragile e rimane leggermente umida) tenuta a posto e protetta da una rete di plastica a larghe maglie. Ogni vaschetta copriva una superficie di mq 0.135. Le « trappole » — preparate in laboratorio e portate in campo chiuse in sacchi di politene — venivano deposte sul terreno, con la bocca rivolta verso terra immediatamente dopo il passaggio della macchina di distribuzione a distanza di circa 50 cm una dall'altra seguendo il solco di un ugello nella parte centrale della barra di distribuzione. E' stata scelta questa posizione per evitare sia le zone costipate dalle ruote del trattore, sia le zone più esterne della barra dove più facilmente poteva verificarsi il sollevamento degli ugelli.

In ogni campo sono state deposte 32 « trappole » secondo lo schema disegnato nella Fig. 1.

Le vaschette sono state raccolte alternativamente a 1 ora e a 24 ore dal trattamento.

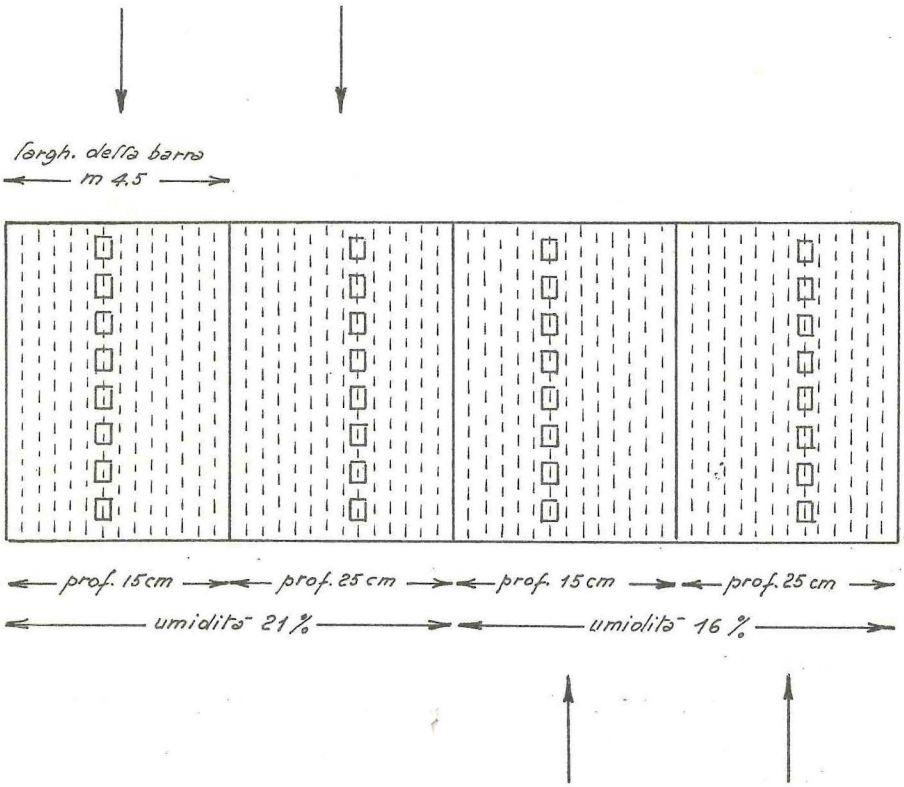
Le 32 vaschette chiuse in altrettanti sacchi di politene sono state trasportate in laboratorio.

Le carte, variamente impregnate da solfato ammonico, sono state tolte dal fondo delle vaschette e poste in capaci matracci nei quali è stata aggiunta l'acqua acidulata del lavaggio delle parteti delle vaschette. L'ammonio spostato dalla carta con soda per distillazione in corrente di vapore è stato poi determinato per titolazione.

Per il controllo della distribuzione dello ione ammonio nel terreno trattato, dopo 24 ore dall'applicazione, nella zona di terreno avente il grado di umidità più basso, e con una profondità di iniezione regolata a 25 cm, è stata delimitata e isolata una piccola superficie di terreno avente le dimensioni di cm 20 nella direzione di avanzamento della macchina e cm 30 perpendicolarmente ad essa e disposta simmetricamente a cavallo di

Fig. 1

Disposizione schematica delle prove



Le linee tratteggiate indicano i 13 solchi degli ugelli
I piccoli rettangoli indicano la posizione delle trappole

un segno lasciato dal passaggio dell'ugello prescelto nella parte centrale della barra di distribuzione. La superficie così delimitata è stata suddivisa in 12 blocchetti di cm 5 x 10 con uno spessore di circa 5 cm; questo prelievo è stato ripetuto successivamente per ogni strato di altri 5 cm di spessore fino alla profondità totale di 35 cm. Sono risultati in tal modo, per ogni prova, 84 blocchetti di terreno (5 x 10 x 5 cm) suddivisi lungo il profilo in 7 strati ciascuno dello spessore di cm 5. Nel terreno di ciascun blocchetto sono stati determinati l'umidità e l'NH_4 scambiabile. La determinazione dello ione ammonio, estratto per scambio con KCl 2N, è stata effettuata mediante ionometria impiegando l'elettrodo specifico della Ditta Orion (mod. 95-10) con apparecchio Microprocessor Ionalyzer Orion mod. 901.

Controllo delle perdite

Nei Prospetti 2 e 3 sono riportate, rispettivamente per il campo di prova di Pradamano e per quello di Aquileia, i valori delle perdite di azoto ammoniacale rilevati su 32 aree controllate di mq. 0.135 ciascuna, distintamente per i due gradi di umidità del terreno provati, per le due profondità di iniezione attuate, dopo un periodo di 1 ora e di 24 ore dal trattamento.

Per una valutazione pratica e immediata si è ritenuto opportuno di esprimere i dati non soltanto nel modo effettivamente rilevato, ossia in mg di N su una superficie di mq. 0.135, ma anche in Kg/ha di N e in per cento dell'N apportato con la concimazione fluida. I calcoli statistici per valutare gli effetti delle varianti di prova (umidità, profondità, tempo dal trattamento, tipo di terreno) sono stati eseguiti sui dati espressi in Kg/ha di N.

Campo di Pradamano. La perdita media nella generalità delle osservazioni è risultata di Kg/ha 1.4 ± 0.2 di N pari a 0.56 per cento dell'azoto apportato, con una punta massima di Kg/ha 5.4 (2.2 per cento dell'N apportato) e una punta minima di Kg/ha 0.5.

L'effetto della diversa profondità di iniezione sull'entità delle perdite di N risulta da:

Prospetto 2

Campo di Pradamano. Perdite di ammoniaca per volatilizzazione

Umidità del terreno %	profondità dell'iniezione cm	tempo dal trattamento h	Perdite di N nell'area controllata (mq 0.135) mg	Perdite di N per ettaro Kg	Perdite in % di N fornito
17	15	1	6.47	0.5	0.20
			72.53	5.4	2.16
			11.88	0.9	0.36
			14.32	1.1	0.44
		24	9.85	0.7	0.28
			8.47	0.6	0.24
			10.32	0.8	0.32
			13.09	1.0	0.40
	25	1	7.70	0.6	0.24
			8.93	0.7	0.28
			13.72	1.0	0.40
			16.78	1.2	0.48
		24	15.02	1.1	0.44
			9.39	0.7	0.28
			11.73	0.9	0.36
			16.79	1.2	0.48
21	15	1	18.55	1.4	0.56
			19.94	1.5	0.60
			38.07	2.8	1.12
			40.66	3.0	1.20
		24	67.60	5.0	2.00
			18.79	1.4	0.56
			18.15	1.3	0.52
			28.03	2.1	0.84
	25	1	18.17	1.3	0.52
			13.55	1.0	0.40
			17.58	1.3	0.52
			10.24	0.8	0.32
		24	8.47	0.6	0.24
			10.93	0.8	0.32
			12.21	0.9	0.36
			9.54	0.7	0.28
	Max		72.23	5.4	2.16
	Min		6.47	0.5	0.20
	Media		18.66	1.38	0.55
	E_M		2.75	0.20	0.08
	C_v		83.5	83.3	83.3

Prospetto 3

Campo di Aquileia. Perdite di ammoniaca per volatilizzazione

Umidità del terreno %	profondità dell'iniezione cm	tempo dal trattamento h	Perdite di N nell'area controllata (mq 0.135) mg	Perdite di N per ettaro Kg	Perdite in % di N fornito
16	15	1	4.62	0.3	0.12
			4.76	0.4	0.16
			137.20	10.2	4.08
			5.25	0.4	0.16
		24	10.36	0.8	0.32
			4.76	0.4	0.16
			4.20	0.3	0.12
			5.18	0.4	0.16
	25	1	5.04	0.4	0.16
			12.60	0.9	0.36
			4.20	0.3	0.12
			4.76	0.4	0.16
		24	5.04	0.4	0.16
			5.04	0.4	0.16
			11.06	0.8	0.32
			214.06	15.9	6.36
21	15	1	5.60	0.4	0.16
			6.16	0.5	0.20
			8.40	0.6	0.24
			4.76	0.4	0.16
		24	5.60	0.4	0.16
			5.46	0.4	0.16
			5.46	0.4	0.16
			4.62	0.3	0.12
	25	1	53.20	3.9	1.56
			5.88	0.4	0.16
			5.46	0.4	0.16
			3.50	0.3	0.12
		24	4.76	0.4	0.16
			10.78	0.8	0.32
			5.32	0.4	0.16
			4.90	0.4	0.16
	Max		214.06	15.9	6.36
	Min		3.50	0.3	0.12
	Medio		18.86	1.347	0.54
	E_M		7.66	0.57	0.23
	C_v		239.9	238.8	238.8

iniezione a 15 cm perdita media (n=16) Kg/ha 1.84±0.37

iniezione a 25 cm perdita media (n=16) Kg/ha 0.93±0.06

Δ Kg/ha 0.91±0.38

La Δ è significativa al livello di P 0.05 (t tabulare = 2.145; t calcolato = 2.400) ma non al livello di P 0.01 (t tabulare = 2.977). Nelle condizioni della prova è probabile che l'iniezione a 25 cm sia più adatta di quella a 15 cm a contenere le perdite di N.

Il diverso grado di umidità del terreno non ha influito significativamente (al limite di P 0.05) sull'entità delle perdite di N:

con umidità 21% perdita media (n=16) Kg/ha 1.62±0.29

con umidità 17% perdita media (n=16) Kg/ha 1.15±0.29

Δ Kg/ha 0.47±0.40

La significatività della Δ è molto bassa (inferiore a P 0.2, t tabulare a P 0.2 1.345, t calcolato 1.159). E' poco probabile che le maggiori perdite di N verificatesi con l'umidità più elevata, siano da attribuire al diverso grado di umidità del terreno.

Le perdite di N si verificano entro la prima ora dal trattamento, presumibilmente soltanto durante il trattamento.

Campo di Aquileia. La maggior parte delle perdite di N (il 72 per cento dei casi osservati) non supera la soglia di 0.4 Kg/ha. Il valore medio delle perdite è risultato di Kg/ha 1.3±0.6 pari a 0.53 per cento dell'N apportato. Se dai conteggi si omettono i casi di perdite che abbiano un qualche significato di portata pratica — quelli che superano almeno 1 Kg/ha di N — la media generale si abbassa a Kg/ha 0.4±0.01, quantità di nessun significato pratico.

I casi di perdite anomale e occasionali — dovute presumibilmente al sollevamento dell'ugello iniettore per l'incontro con qualche ostacolo o altre cause simili — non hanno superato il 10 per cento dei casi osservati con una perdita anomala media di Kg/ha 10.0 e una punta massima di circa 16 Kg/ha di N pari a circa il 6.4 per cento dell'N apportato. Il 72

per cento dei casi osservati non supera il Kg/ha 0.4 di N: questa quantità rappresenta la classe di maggior frequenza.

L'effetto della profondità di iniezione, ignorando le altre varianti, risulta dalla differenza delle medie delle perdite rilevate nelle aree con iniezione a 25 cm e di quelle rilevate nelle aree con iniezione a 15 cm:

iniezione a profondità 25 cm perdita media (n=14*) Kg/ha 0.48±0.05

iniezione a profondità 15 cm perdita media (n=14*) Kg/ha 0.43±0.04

Δ Kg/ha 0.05±0.65

La Δ non è significativa al limite di P 0.05 (t tabulare 2.145, t calcolato 0.836). La diversa profondità di iniezione (25 e 15 cm) non ha influito sulla perdita di N. Nelle condizioni della prova le due profondità si equivalgono.

L'effetto del diverso grado di umidità del terreno viene valutato da:

umidità 15% perdita media (n=14*) Kg/ha 0.47±0.05

umidità 21% perdita media (n=15*) Kg/ha 0.43±0.03

Δ Kg/ha 0.04±0.58

La Δ non è significativa al limite di P 0.05 (t tabulare = 2.145, t calcolato = 0.559). Nelle condizioni della prova il diverso grado di umidità non ha influito sulle perdite di N.

Non è risultata nessuna pratica differenza nelle perdite rilevate dopo un'ora e dopo 24 ore dal trattamento. Difatti:

perdita media dopo 24 ore (n=15*) Kg/ha 0.47±0.05

perdita media dopo 1 ora (n=14*) Kg/ha 0.44±0.05

Δ Kg/ha 0.03±0.67

La Δ non è significativa al limite di P 0.05 (t tabulare 2.145, t calcolato 0.503). Pertanto si deve concludere che le perdite — almeno il

(*) In tutti i conteggi statistici sono stati omessi i casi di perdite anomale.

grosso delle perdite — si verificano durante o immediatamente dopo il trattamento.

Effetto della diversa tessitura del terreno

Risulta dal confronto dei risultati dei due campi di prova.

Il confronto limitato ai valori delle perdite medie dei due campi non offre alcun elemento differenziato di valutazione.

Difatti l'entità delle perdite medie è praticamente uguale nei due campi:

Campo di Pradamano	perdita media (n=32) Kg/ha	1.4±0.2
Campo di Aquileia	perdita media (n.=32) Kg/ha	1.3±0.6
	Δ Kg/ha	0.1±0.6

E' facile però rilevare la differente composizione delle medie dei due campi che risulta evidente osservando le serie di dati dei due Prospetti. L'indicazione della diversa composizione può essere rilevata anche dal confronto dei due coefficienti di variabilità:

Campo di Pradamano Cv 83 per cento

Campo di Aquileia Cv 239 per cento

E' stato già in precedenza rilevato che nella prova di Aquileia il grosso delle perdite è dovuto a condizioni anomale (10 per cento dei casi osservati) e che, omettendo nel conteggio della media le perdite dovute a queste condizioni, la media del campo si riduce a un valore basso e molto uniforme (la perdita si aggira in tal caso sui 0.4 Kg/ha). E' questa la perdita che può essere attribuita al « tipo » di terreno del campo di Aquileia e più propriamente alla sua tessitura di medio impasto prevalentemente sabbiosa.

Nel campo di Pradamano le perdite sono uniformemente più elevate e non presentano le punte anomale osservate invece nel campo di Aquileia. Il diverso comportamento dei due terreni nei riguardi delle perdite è quanto mai evidente e si può ritenere senza dubbio attribuibile alla differente tessitura dei due terreni: di medio impasto prevalentemente sabbiosa ad Aquileia, di medio impasto con tendenza all'argilloso a Pra-

damano. E' probabile che in quest'ultimo terreno — a causa della sua minor scioltezza — il solco aperto dai coltelli del distributore si chiudano dopo un tempo maggiore rispetto a quello del campo di Aquileia. Da questo fatto potrebbero presumibilmente derivare le maggiori perdite osservate. Le perdite « anomale e occasionali » del campo di Aquileia dovute a qualche inciampo degli ugelli nell'avanzamento della macchina ci inducono ad estendere i nostri controlli anche ai terreni ferrettizzati della pianura friulana, terreni contenenti generalmente notevoli quantità di scheletro grossolano ghiaioso dove la tecnica della concimazione azotata fluida « reso radice » potrebbe perciò incontrare serie difficoltà.

Controllo della distribuzione dell'ione ammonio nel terreno trattato

La distribuzione dell'ione ammonio nel terreno dopo l'iniezione di ammoniaca riveste una ovvia importanza agli effetti della nutrizione delle colture.

Con le modalità descritte in precedenza sono stati effettuati i controlli di tale distribuzione sia nel terreno di Pradamano che in quello di Aquileia.

I risultati di questa indagine sono illustrati dagli schemi delle Fig. 2 e 3 relative rispettivamente, al terreno di Pradamano e a quello di Aquileia.

I dati riportati nelle figure indicano i contenuti di $N\text{-}NH_4$ dei singoli blocchetti di terreno (cm 5x 10 x 5) campionati dopo 24 ore dal trattamento concimante. Nella colonna a destra della figura sono riportati i contenuti medi (quattro campioni) di ciascun strato di terreno di 5 cm di spessore determinati prima del trattamento concimante. Vogliono rappresentare la dotazione di N scambiabile preesistente nel terreno di prova alle profondità indicate.

In tutti e due i campi il controllo della distribuzione dell'N è stato eseguito sulla parte del terreno con il grado di umidità più basso, a cavallo della posizione e direzione di un ugello nella parte centrale della barra e con iniezione regolata a 25 cm.

Campo di Pradamano. Nel prospetto 4 sono riportate le quantità di N rimaste nel terreno, al netto delle quantità di N della dotazione pree-

Fig. 2

Pradamano

prof. cm.	terreno a 24 ore dal trattamento N-NH_4 mg/Kg sul secco	terreno prima del trattamento N-NH_4 mg/Kg sul secco
0-5	1.6 1.6 90.4 14.2 1.4 1.5 / 1.4 7.6 182.1 16.1 1.4 1.4	1.4 ± 0.05
5-10	1.4 5.5 57.0 23.3 1.9 1.3 / 1.1 1.2 26.0 44.2 1.4 1.3	1.3 ± 0.04
10-15	1.6 1.7 94.4 66.5 1.5 1.2 / 1.2 1.4 91.1 63.8 1.5 1.4	1.3 ± 0.06
15-20	1.6 1.5 92.8 102.4 1.4 1.3 / 1.2 1.1 95.6 115.9 1.8 1.3	1.2 ± 0.05
20-25	1.2 1.0 1.6 1.5 1.1 1.0 / 1.0 1.0 1.4 1.5 1.2 1.1	1.1 ± 0.04
25-30	1.1 1.0 1.5 1.5 1.2 1.1 / 1.0 1.1 1.2 1.3 1.0 1.0	1.2 ± 0.05
30-35	1.0 1.2 1.3 1.1 1.0 1.2 / 1.1 1.0 1.1 1.2 1.1 1.0	1.1 ± 0.05

cm. 5

cm. 30

cm. 20

posizione di avanzamento dell'ugello

mg/Kg 2-25

25-50

50-100

100-150

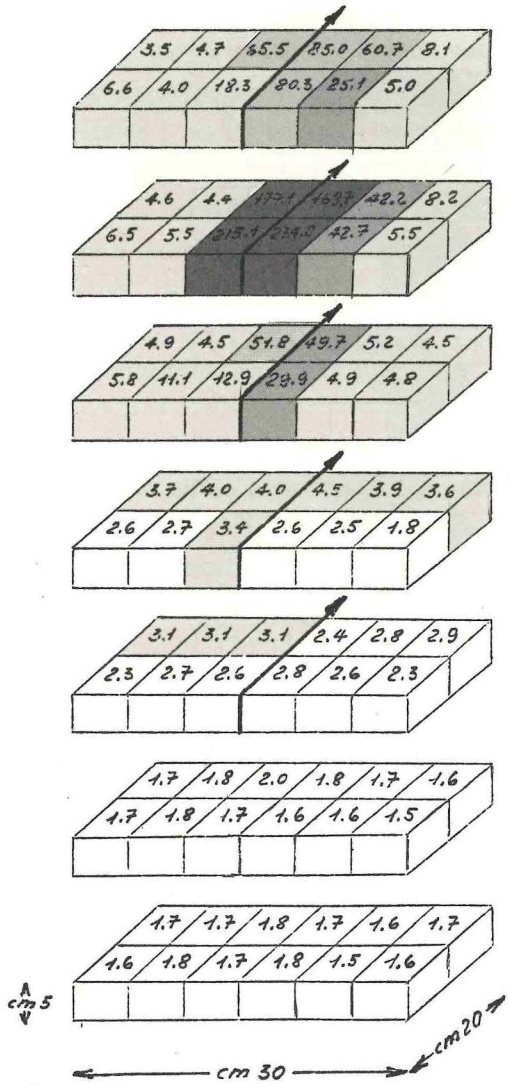
> 150

T aria : 15.6°C

T terreno : 11.0°C

Fig. 3

Aquileia	terreno a 24 ore dal trattamento	terreno prima del trattamento
prof. cm.	$N\text{-}NH_4$ mg/Kg sul secco	$N\text{-}NH_4$ mg/Kg sul secco
0-5	3.5 4.7 65.5 85.0 60.7 8.1 / 6.6 4.0 18.3 80.3 25.1 5.0	2.9 ± 0.06
5-10	4.6 4.4 177.1 463.7 42.2 8.2 / 6.5 5.5 215.1 234.0 42.7 5.5	2.3 ± 0.05
10-15	4.9 4.5 51.8 49.7 5.2 4.5 / 5.8 11.1 12.9 29.9 4.9 4.8	2.2 ± 0.04
15-20	3.7 4.0 4.0 4.5 3.9 3.6 / 2.6 2.7 3.4 2.6 2.5 1.8	2.2 ± 0.04
20-25	3.1 3.1 3.1 2.4 2.8 2.9 / 2.3 2.7 2.6 2.8 2.6 2.3	2.4 ± 0.04
25-30	1.7 1.8 2.0 1.8 1.7 1.6 / 1.7 1.8 1.7 1.6 1.6 1.5	1.7 ± 0.03
30-35	1.7 1.7 1.8 1.7 1.6 1.7 / 1.6 1.8 1.7 1.8 1.5 1.6	1.7 ± 0.03



posizione di avanzamento dell'ugello

mg/Kg	
	3-25
	25-50
	50-100
	100-150
	>150

T aria : 10.6° C

T terreno : 10.2° C

sistente, espresse in per cento dell'N apportato con la concimazione fluida, su una superficie di terreno disposta simmetricamente a cavallo di un segno lasciato dal passaggio di un ugello e per una profondità di cm 35. L'area controllata ha una larghezza di cm 30 (cm 15 su ogni lato a cavallo del solchetto dell'ugello) e una lunghezza di cm 20 (misurata nel senso dell'avanzamento dell'ugello).

Dai dati del Prospetto 4 si possono fare alcune osservazioni relativamente alla distribuzione dell'N dopo il passaggio dell'ugello iniettante. La concentrazione di N più elevata si trova a una profondità di 15-20 cm. Al di sotto di 20 cm non si è verificato alcun apporto di N. Sembra perciò lecito ritenere che la zona d'uscita dell'N dall'ugello si trovi nello strato a 15-20 cm di profondità. La macchina — nel caso qui considerato — era stata regolata per una profondità di iniezione di 25 cm: il che avrebbe comportato una localizzazione di N anche a una profondità maggiore di 25 cm. Ovviamente — almeno da quanto risulta nella zona qui controllata — la regolazione della macchina non è stata corretta. E' probabile che ciò sia da imputare alla modalità di iniezione giacché nella zona controllata non esistevano ostacoli meccanici né esisteva, immediatamente al di sotto di 20-25 cm, una soletta di aratura.

La distribuzione dell'N lungo il profilo del terreno trattato è risultata in pratica sufficientemente uniforme, infatti la concentrazione di N ha variato nei limiti piuttosto ristretti da 32 per cento a 18 per cento dell'N aggiunto.

La localizzazione nello strato superficiale di una piccola area isolata con una concentrazione molto elevata di N fa ritenere che, nel caso osservato, possa essersi verificata una perdita di N per volatilizzazione dovuta alla non immediata chiusura del solco. Si ritiene che l'aggiunta di un qualche accorgimento meccanico potrebbe, almeno in parte, ovviare all'inconveniente citato.

Per quanto riguarda la distribuzione dell'N in senso laterale si osserva:

— l'N diffonde molto poco in senso orizzontale; nel caso osservato la diffusione di N ha interessato una fascia di cm 10 a cavallo del solco dell'ugello. Perciò nella distribuzione effettuata con ugelli distanti fra loro 30 cm, soltanto un terzo della superficie risulta concimata.

Inoltre, almeno nel caso osservato, la diffusione laterale oltre che

Prospetto 4

profondità e spessore dello strato cm	N nella metà sinistra dello strato %	N nella metà destra dello strato %	N nello strato intero %
0-5	22.6	2.3	24.9
5-10	12.4	5.2	17.6
10-15	14.7	10.6	25.3
15-20	14.9	17.3	32.2
20-25	0.0	0.0	0.0
25-30	0.0	0.0	0.0
30-35	0.0	0.0	0.0
0-35	64.6	35.4	100.0

Prospetto 5

profondità e spessore dello strato cm	N nella metà sinistra dello strato %	N nella metà destra dello strato %	N nello strato intero %
0-5	6.1	17.6	23.7
5-10	28.6	35.0	63.6
10-15	5.6	6.1	11.7
15-20	0.4	0.4	0.8
20-25	0.2	0.0	0.2
25-30	0.0	0.0	0.0
30-35	0.0	0.0	0.0
0-35	40.9	59.1	100.0

essere limitata a una piccola zona è risultata alquanto disforme nei due lati a cavallo del solco dell'ugello: da una parte il 65 per cento dell'N apportato, dall'altra parte il 35 per cento.

Tale disformità può essere causata da varie differenti condizioni: per ora però non possediamo sufficienti elementi per decidere di attribuire questa anomala distribuzione ad una piuttosto che ad un'altra causa.

Campo di Aquileia. La distribuzione dell'N nel blocco di terreno campionato risulta dai dati della Fig. 3 (N mg/kg di terreno secco) e dai dati del Prospetto 5 (N% dell'N apportato).

Lo strato profondo 5-10 cm rappresenta la zona di massima concentrazione di N (il 63.6 per cento dell'N aggiunto). Anche nel campo di Aquileia, come è stato rilevato in quello di Pradamano, l'ugello dell'iniettore non ha raggiunto la profondità di iniezione che era stata regolata sulla macchina. Difatti il 99 per cento dell'N della concimazione si trova a una profondità non superiore a 15 cm. La quantità di N diffusa al di sotto di 15 cm è molto piccola rappresentando all'incirca l'1 per cento dell'N della concimazione.

Lungo il profilo la concentrazione è distribuita non uniformemente con una certa tendenza a una maggior diffusione verso l'alto: dallo strato più dotato di N (strato da 5 a 10 cm di profondità con il 63.6 per cento di N) si passa a una concentrazione di appena l'1.7 per cento nello strato immediatamente inferiore.

Contrariamente a quanto è stato osservato nel campo di Pradamano, la diffusione laterale è risultata nel campo di Aquileia sufficientemente regolare ed uniforme; nel caso considerato, il 41 per cento da una parte del solchetto dell'ugello e il 59 per cento dall'altra parte.

Si osserva infine che in questa prova tutta la superficie tra due ugelli contigui è risultata concimata. Evidentemente la tessitura tendenzialmente sabbiosa del terreno di Aquileia ha favorito la diffusione laterale dell'N e la regolare sua distribuzione orizzontale.

Considerazioni conclusive

Non si può ovviamente ritenere che le prove dianzi descritte e i risultati con esse raggiunti abbiano carattere conclusivo e definitivo. Si può

tuttavia affermare che esse abbiano fornito alcune utili indicazioni per un maggior approfondimento delle indagini e un loro allargamento a diverse altre condizioni agronomiche ambientali.

In ogni caso la tecnica ideata ed attuata per il controllo delle perdite di N per volatilizzazione ci sembra abbia corrisposto alle esigenze di una indagine di pieno campo.

A parte gli accorgimenti, le modifiche e le migliorie — non di nostra competenza — che possono essere attuate nella meccanica della distribuzione, restano da parte nostra da considerare per una futura prossima sperimentazione alcune situazioni agronomico-ambientali che possono essere importanti nella determinazione delle perdite e nella regolarità di distribuzione dell'N nel terreno.

E' su queste basi che verranno impostate le nostre prossime indagini sperimentali sull'argomento della concimazione con NH_3 anidra.

BIBLIOGRAFIA

1) ALDRICH, S.R., LENG, E.R. — *La moderna coltivazione del mais* — R.E.D.A., 1972
2) AVNIMELECH, Y., LAHER, M. — *Ammonia volatilization from soils: Equilibrium considerations* — Soil Sci. Soc. Amer. J. 41, 1080-1084, 1977
3) BARBIERI, R. — *Aspetti agronomici della « fertilizzazione fluida »* — Concimi e Concimazioni, XVI, 1-2, 1, 1973
4) BARBIERI, R., TEDESCHI, P. — *Confronto tra fertilizzanti liquidi e fertilizzanti tradizionali su mais da granella* — Riv. di Agronomia V, 4, 287, 1971
5) BENVENUTI, A., MIELE, B. — *L'ammoniaca anidra in agricoltura* — R.E.D.A., Roma, 1971
6) BENVENUTI, A., MIELE S. — *Aspetti tecnici economici ed organizzativi dell'impiego di NH_3 come fertilizzante. Risultati di un quadriennio di sperimentazione* — Concimi e Concimazioni XVII, 4-5, 1, 1973
7) BOSWELL, F.C. — *Seasonal anhydrous ammonia comparison for corn with and without a nitrification inhibitor* — Agron. Journ. 69, 1:103-106, 1977
8) COVARELLI, G. — *Prove sperimentali con concimazione liquida azotata localizzata a mais e sorghi* — Maydica XIII, 70, 1968
9) DENMEAD, D.T., SIMPSON, J.R., FRENEY, J.R. — *A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia* — Soil Sic. Soc. Am. J. 41, 5:1001-1004, 1977
10) DU PLESSIS, F.C.F., KRONTJE, W. — *The relationship between pH and ammonia equilibria in soil* — Soil Sic. Soc. Proc. 28, 751-754, 1964
11) GUROVICH, E., AVNIMELECH, Y. — *The distribution of ammonium ion from a localized source into the soil* — Plant and Soil 46, 101-111, 1977
12) MARTIN, J.P., CHAPMAN, H.D. — *Volatilization of ammonia from surface-fertilized soils* — Soil Sic. 71, 1:25-34, 1951

13) MORTLAND, M.M. — *Reactions of ammonia in soils* — Advances in Agronomy vol. X, 325-348, 1958
14) NEMEC, A. — *Effect of fertilization with anhydrous ammonia on the stability of soil humus* — Studies about humus 1971 II p. 479-482
15) POSTIGLIONE, L., BORELLI, A. — *Three-year research on the use of fluid fertilizers on southern Italy* — Agrochimica XXII, 1:32-41, 1978
16) SCHOU, J.B., TESAR, M.B. — *Anhydrous ammonia compared to ammonium nitrate on cool-season grasses* — Agron. Jour. 69:440-446, 1977
17) ZANINI, E. — *I fertilizzanti fluidi nella moderna agricoltura* — Edagricole - Bologna, 1974
18) VARI — *La Concimazione fluida* — L'Italia Agricola, settembre 1978.

RIASSUNTO

Le ricerche sono state svolte direttamente in pieno campo con lo scopo di controllare le perdite di azoto per volatilizzazione e la distribuzione dello ione ammonio nel terreno trattato con ammoniaca gassosa prendendo in esame come varianti di prova la tessitura del terreno (medio impasto tendente all'argilloso, medio impasto tendente al sabbioso), il grado di umidità del terreno e la profondità di iniezione (a 25 cm e a 15 cm).

Nella generalità le perdite medie di ammoniaca (fissata con speciali trappole) sono state in ambedue i campi molto limitate (kg/ha 1.4 ± 0.2 di N nel terreno argilloso, kg/ha 1.3 ± 0.6 di N nel terreno sabbioso).

Dal controllo analitico della distribuzione dello ione ammonio è risultato che nel terreno tendenzialmente argilloso la diffusione di N è stata moto limitata mentre nel terreno tendenzialmente sabbioso la diffusione è risultata sufficientemente regolare e uniforme fra due ugelli contigui.

SUMMARY

THE FERTILIZATION WITH ANHYDROUS AMMONIA.
1. *A direct field measurement of ammonia losses*

A research was performed in the field with the aim of (a) measuring (by means of special traps fit for fixing gaseous NH_3) N-losses due to NH_3 volatilization and (b) localising NH_4 distribution in the soil fertilized with anhydrous ammonia.

Soil texture (clay-loam and sandy-loam), moisture soil content (two levels), injection depth of fertilizer (25 cm and 15 cm) were the experimental variables taken into consideration.

On the whole ammonia losses were very low: kg/ha 1.4 ± 0.2 of N in the clay-loamy soil and kg/ha 1.3 ± 0.6 of N in the sandy-loam soil.

NH_3 diffusion resulted very limited in the clay loamy soil and was uniformly regular in the sandy loamy soil.